

Települések közötti kistérségi közlekedési kapcsolatok javítását célzó programok többkritériumos értékelése az útállapotok és a bizonytalanság figyelembevételével¹

dr. habil Gulyás András²

2013. június 16. - 2013. szeptember 13.

Kivonat

The condition of transport connections among settlements is deteriorating while rehabilitation resources are constrained therefore their efficient use is important. The author describes a new method for taking into account the road condition dependent travel time within the decision preparing assessment of alternatives for rehabilitation of transport network connections. Fuzzy variables have provided a useful description of uncertainty in characterising the road condition quality. A recommended term, modified traffic based on daily personal trips is suitable for qualification of passenger transport connections among settlements. A complex index of transportation demand is applicable for characterising social effects in the frame of evaluation of micro-regional connections among settlements. A new and efficient multi-criteria assessment and resource allocation method is suitable for assessment of programs aiming enhancement of micro-regional transport connections among settlements, combining existing methods, taking into account of the changing demand of the national economy and constrained resources, applying fuzzy variables for handling of uncertainty affecting the evaluation of financial and non-financial characteristics.

1. Bevezetés

A településeken élő emberek tevékenységeit alapvetően meghatározzák a kapcsolatok, melyek egy jelentős része térbeli kapcsolat. A térbeli kapcsolatok legjellemzőbb fizikai megjelenése a közlekedési hálózat. A települések és a köztük fennálló közlekedési kapcsolatok együttesen alkotják a településhálózatot. A közlekedési kapcsolatok között egyaránt találhatók nagyobb és kisebb forgalmú elemek, az utóbbiakra általában nagyon nehéz megfelelően indokolható módon fejlesztési, felújítási forrást biztosítani. A kis forgalmú kapcsolati elemek ugyanakkor a hálózat szerves részét képezik, és az általuk kiszolgált népesség a társadalmi igazságosság és esélyegyenlőség elve szerint jogosan igényli azok elfogadható minőségét.

A települések közötti kistérségi kapcsolatok javítását célzó intézkedésekre fordítható erőforrások korlátozottak, ezért elosztásukra korszerű és hatékony, eredményes módszereket célszerű alkalmazni. A kapcsolatokat meghatározó közlekedési hálózat jelenlegi helyzetének, állapotának ismerete szükséges bármely reális értékelés megalapozásához. A szűken vett gazdasági tényezők mellett további társadalmi hatások figyelembevétele is indokolt a döntéselőkészítési folyamat kiteljesítésére.

¹ a cikk a szerző azonos/hasonló című habilitációs dolgozata alapján készült

² okl. építőmérnök, szakmérnök, habil PhD, adjunktus, PTE Pollack Mihály Műszaki és Informatikai Kar, műszaki tanácsadó, Magyar Közút Nonprofit Zrt., gulyasandras@hotmail.com

Az országos kisforgalmú mellékúthálózat állapotának javítása fontos problémaként jelentkezett Magyarországon az elmúlt években, mert az ilyen utak összes hossza meghaladja a tízezer kilométert. Az elérhető források megalapozott felhasználása csak a gazdasági hatékonyságtól eltérő alapon lehetséges. A fenntartási tevékenységeket nem lehet kizárólag a gazdaságossági mutatók szerint tervezni és ütemezni, mert a kisforgalmú mellékutakon a rossz burkolatállapotok ellenére sem teljesíthetők a gazdaságossági követelmények. A kisforgalmú mellékutak az országos úthálózat szerves részét képezik, ezért leromlásuk a teljes hálózat működőképességét negatívan befolyásolja. A társadalmi egyenlőséget tekintve ezen utak használói jogosan igénylik, hogy az állami források terjedjenek ki a kisforgalmú mellékutak fenntartására is. A beavatkozások tervezése és ütemezése jellemzően csak normatív módon, célprogramok végrehajtásával valósítható meg.

A meglévő állapotot jellemző paraméterek, valamint a társadalmi hatásokat leíró változók egyaránt számottevő bizonytalanságot hordoznak magukban. Ennek oka lehet egyfelől az a tény, hogy minden részadatot nem lehet pontosan felmérni, mert az rendkívül idő- és költség igényes, ezért gazdaságtalan és teljesíthetetlen lenne, másfelől a társadalmi jellegű tényezők jellemzően szubjektív értékeléssel, értékadással képezhetők, ami eleve magában rejt a bizonytalanságot.

A kutatás alapkérdése a települések közötti szerkezeti kapcsolatok javítását célzó intézkedésekre fordítható korlátos erőforrások új elosztási módszerének alkalmazhatósága, mely a hatékonyság értékelésekor figyelembe veszi az érintett közlekedési hálózat állapotát és a bizonytalanságot. A hazai mikro-regionális térszerkezet jelenlegi átalakítása, a járások létrehozása különösen lényegessé teszi az elérhetőség kérdését és a megfelelő közlekedési kapcsolatok elősegítését annak érdekében, hogy a megújult települési hierarchiában az elvárt egyszerűség és hatékonyság biztosítható legyen.

2. Települések közötti kistérségi kapcsolatok értékelése

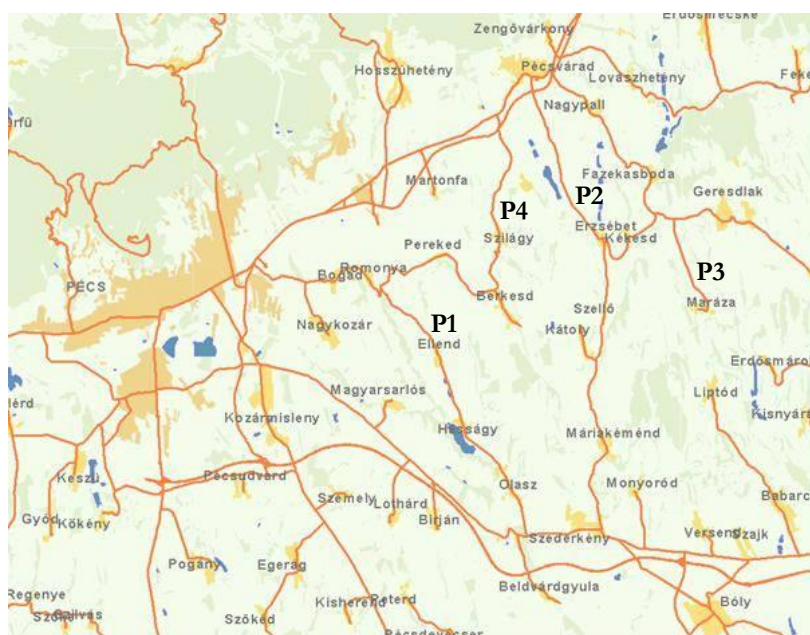
A kistérségi úthálózati jellegzetességek ismerete segítséget adhat az országos településhálózat bármiféle szerkezeti átalakításának tervezésében. A Központi Statisztikai Hivatal kistérségi bontású területi statisztikai adatainak bevonásával vizsgáltam az úthálózat szerkezetének összefüggését az adott kistérség általános fejlettségével. A kistérségi hatások megértése és az úthálózati jellemzőkkel való összefüggések feltárása útján következtetni lehet a közúthálózat fenntartási és fejlesztési feladatainak erőforrás igényére [Gulyás és Dobosi, 2006.].

A mellékutak felújítási és rehabilitációs beavatkozásait általában gazdasági hatékonysági megfontolások alapján határozzák meg. A kisforgalmú mellékutak esetén azonban nem lehetséges a felújítási és rehabilitációs beavatkozások kizárólag gazdaságossági jellemzők alapján történő értékelése, mert a mutatók kedvezőtlen értékeket vesznek fel az alacsony forgalom miatt a rossz útállapotok ellenére is [Gulyás és Sántha, 2008.].

A kisforgalmú mellékutak társadalmi igényeknek megfelelő burkolatgazdálkodása újszerű megoldásokat igényel, melyek bevezetése különösen nehéz egy általános gazdasági válság idején. Kisebb eredményeket sikerült elérni a magyar úthálózaton az EU társfinanszírozású programok segítségével. Kielégítő megoldást biztosíthat egy erre a célra elkülönített dedikált felhasználású forrás-rész, melynek felhasználása műszaki és társadalmi tényezők értékelése alapján lenne lehetséges.

Többkritériumos elemzést javasoltam a kiválasztott mellékutak prioritási rangsorolása és a megfelelő fenntartási beavatkozás meghatározása tekintetében. A többkritériumos elemzésben javasolt értékelési tényezők között szerepelt a forgalom nagysága, az útállapot jellemzők (egyenetlenség, felületi hibák és szerkezeti teherbírás), a tervezett beavatkozás becsült költsége és élettartama, a hálózati és elérhetőségi jellemzők, a közösségi közlekedés megléte, valamint az adott út relatív társadalmi-gazdasági jelentősége [Gulyás, 2012 b]. A többkritériumos értékelés lényege, hogy nemcsak a változatokat, hanem azok értékelési tényezőit is összehasonlítják, súlyozzák az eljárásban. Számos helyzetben alkalmazták a többkritériumos értékelést, a településközi nagyléptékű hálózatok tekintetében a Kormány által 2011-ben elfogadott „Az országos gyorsforgalmi főúthálózat nagytávú terve és hosszú távú fejlesztési programja” változatainak összehasonlítása során is (Kocsis és Szőke, 2011.).

Az analitikus hierarchia eljárás (Analytic Hierarchy Process) hasznos módszernek bizonyult, melyet egy mintapéldában szemléltettem egy magyarországi kistérség leromlott állapotú és felújítást igénylő kisforgalmú mellékútjainak elemzésével. A módszer gyakorlati alkalmazására vonatkozó javaslatom a módosuló térszerkezetben kialakuló járárok működésének infrastrukturális feltételeit kívánta javítani a felújítási projektek megalapozott kiválasztásával. Az elméleti megalapozással párhuzamosan az új tudományos eredmények gyakorlati hasznosítását szemléltetve négy kiválasztott Baranya megyei Pécs környéki település: Ellend, Erzsébet, Maráza és Szilágy kistérségi közlekedési kapcsolatait elemeztem példaként, elhelyezkedésüket és hálózati kapcsolataikat az 1. ábra mutatja.



1. ábra A kutatásban példaként vizsgált terület térképe (forrás: Magyar Közút Nonprofit Zrt. Országos Közúti Adatbank) – P1-P4 a példaként elemzett utak helye

3. Módosított forgalommagyság a közösségi közlekedés figyelembe vételével

A személyek napi utazásait egy általam javasolt új jellemzővel, a módosított átlagos napi forgalommal lehet realisabban figyelembe venni a többkritériumos (vagy bármely más) értékelés során. A személyek utazásai egyéni vagy közösségi közlekedéssel történhetnek, melyek között a megosztást a szakirodalom szerint a binomiális logit modellel határozzák meg. A logit modell eredményét az analitikus forgalmi modellezésben alkalmazzák, de a

szokásos gazdasági hatékonysági elemzésekben inkább az általános napi forgalommal dolgoznak.

A személygépkocsi egységjárműben kifejezett átlagos napi forgalom összetevői között az autóbuszok egység tényezőjének értéke 2,5; vagyis ennyi személygépkocsinak felel meg a forgalom lefolyásában egy autóbusz. Ez a számítási mód nem jellemzi megfelelően a közösségi közlekedési kapcsolatok jelentőségét, mely különös fontossággal bír a mellékutak által összekapcsolt települések esetén. A módosított átlagos napi forgalom figyelembe veszi a közösségi közlekedési járműveken utazók számát, és az összes utazóból számítja vissza a forgalom értékét. A számítás a személygépkocsik és az autóbuszok átlagos foglaltságán alapul, az autóbuszok esetén megkülönböztetve a csúcsidőszaki és a napközbeni foglaltságot.

A javasolt új változó megbízhatóbban jellemzi egy adott mellékút szakaszon a közösségi közlekedés meglétét és jelentőségét. Alkalmazása esetén a közösségi közlekedési hálózattal érintett útszakaszok a többkritériumos értékelés során előnyhöz jutnak a közösségi közlekedés nélküli, de hasonló jellemzőkkel bíró szakaszokkal szemben.

A mellékúthálózattal összekötött települések közösségi közlekedési kapcsolatát eltérő csúcsidőszaki és napközbeni járatszámok (gyakoriságok), valamint ezen időszakokban eltérő foglaltságok (utas számok) jellemzik. A példaként vizsgált települések esetén figyelembe vehető időszakok:

- csúcsidőszak reggel 6-8 óra között és délután 16-18 óra között összesen 4 óra,
- napközbeni időszak 5-6 óra között, 8-16 óra között, 18-21 óra között összesen 12 óra.

A közösségi közlekedés utasainak száma a következő képlettel határozható meg

$$P_t = \sum f_i O_i = f_p O_p + f_d O_d$$

ahol

- P_t a közösségi közlekedés utasainak száma,
 f_p a közösségi közlekedés csúcsidei járatszáma,
 O_p a közösségi közlekedés csúcsidei átlagos jármű foglaltsága,
 f_d a közösségi közlekedés napközbeni járatszáma,
 O_d a közösségi közlekedés napközbeni átlagos jármű foglaltsága.

A közösségi közlekedéssel utazók számából számítható egyéni közlekedés jellegű módosító változó (személygépkocsi mozgásokra átszámítva)

$$F_{mt} = \frac{P_t}{O_c}$$

ahol

- F_{mt} a közösségi közlekedés miatti átlagos napi forgalom-módosítás,
 P_t a közösségi közlekedés utasainak száma,
 O_c az egyéni közlekedés átlagos jármű foglaltsága.

Fentiek alapján a módosított átlagos napi forgalom

$$F_m = F_c + F_{mt} + F_e$$

ahol

- F_m a módosított átlagos napi forgalom,
 F_c a személygépkocsik átlagos napi forgalma,
 F_{mt} a közösségi közlekedés miatti átlagos napi forgalom-módosítás,
 F_e a többi járműkategória átlagos napi forgalma
 (a személygépkocsik és az autóbuszok kivételével).

Az átlagos jármű foglaltságok javasolt értékei:

- a közösségi közlekedés csúcsidei átlagos jármű foglaltsága $O_p=35$
- a közösségi közlekedés napközbeni átlagos jármű foglaltsága $O_d=15$
- az egyéni közlekedés átlagos jármű foglaltsága $O_c=1,4$

A módosított átlagos napi forgalom meghatározásánál figyelembe kell venni a kis települések lakosságából adódó korlátot. A forgalom kétirányú, tehát egy lakos jellemzően két utazást tesz meg naponta, a központi településre és vissza. A javasolható közösségi közlekedési korlát mértéke a lakosság 80 %-a, eszerint

$$P_t \leq 0,8 L \quad \text{ahol } L \text{ a lakosság, következésképpen}$$

$$\text{ha } P_t > 0,8 L \quad \text{akkor } P_t = 0,8 L$$

Számpélda:

1. táblázat A módosított átlagos napi forgalom számítása

| | járatszám csúcsidő | járatszám napközben | átl. napi forgalom | személygk forgalom | közösségi módosítás | módosított forgalom |
|-----------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| Ellend | 6 | 6 | 436 | 309 | 124 | 560 |
| Erzsébet | 6 | 7 | 872 | 560 | 172 | 1044 |
| Maráza | 4 | 6 | 324 | 165 | 101 | 425 |
| Szilágy | 6 | 9 | 513 | 334 | 165 | 678 |

A járatszámok forrása. <http://www.menetrendek.hu>

A forgalmi adatok forrása: www.kozut.hu

A vizsgált települések esetén a lakosság korlátot minden esetben érvényesíteni kellett.

Az eredmények nagyságrendileg ellenőrizhetők a logit modell segítségével. A logit modell az egyes utazási módok választási valószínűségét határozza meg (Ortúzar és Willumsen, 1994). Egyéni és közösségi közlekedés közötti választás esetén

$$p_t = \frac{e^{V_t}}{e^{V_c} + e^{V_t}}$$

ahol

- p_t a közösségi utazási mód választásának valószínűsége,
 V_t a közösségi utazási mód hasznossága,
 V_c az egyéni utazási mód hasznossága.

Feltételezve, hogy az egyéni és a közösségi közlekedés hasznosságának összege egységnyi, a logit modellt alkalmazva a közösségi közlekedési mód választásának valószínűsége 0,27 és 0,73 között változik. A módosított napi forgalmakban a közösségi közlekedési rész aránya a számpéldában 0,23 és 0,38 között alakul, ami megfeleltethető a logit modell eredményének.

4. Az útállapot hatása az eljutási időre a bizonytalanság figyelembe vételével

A települések közötti kapcsolatok minősítésben jelen lévő bizonytalanság kezelésére alkalmas módszer a fuzzy változók bevezetése és alkalmazása. A települések közötti utazások során az utazási sebességet az útállapotoktól függően választják meg, és ez a választás egyénenként változó, függ az adott gépkocsivezető szubjektív megítélésétől. A különböző utazási sebességek különböző eljutási időket eredményeznek, melyek összessége fuzzy változóval leírható.

A fuzzy változók alakja többféle lehet, leggyakrabban az aszimmetrikus háromszög alakú fuzzy változókat használják. Az aszimmetrikus háromszög alakú fuzzy változó egy értékhármassal jellemezhető, amelyben az l alsó határ, az m csúcspont (itt a fuzzy változó értéke 1) és az u felső határ szerepel. (2. ábra).

$$\tilde{a} = (l, m, u)$$

ahol

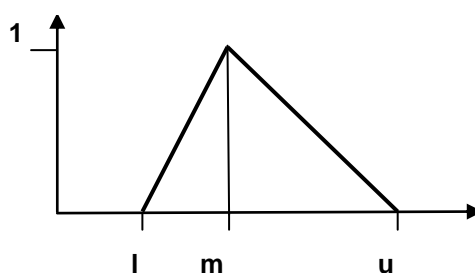
\tilde{a} háromszög alakú fuzzy változó,
 l az alsó határ,
 m a csúcspont helye,
 u a felső határ.

A fuzzy változó értékét egy adott helyen a $\mu(x)$ tagsági függvény mutatja meg.

$$\mu(x) = \frac{x-l}{m-l} \quad \text{ha } x \in [l, m]$$

$$\mu(x) = \frac{u-x}{u-m} \quad \text{ha } x \in [m, u]$$

$$\mu(x) = 0 \quad \text{egyébként}$$



2. ábra Háromszög alakú fuzzy szám grafikus ábrázolása

A fuzzy változókkal, konkrét esetben fuzzy számokkal műveletek végezhetők (pl. összeadás, kivonás, szorzás, osztás) a klasszikus aritmetika szabályai szerint. Ilyenkor a fuzzy számokat jellemző megfelelő (csúcsponti) értékpárok között kell elvégezni az adott műveletet, amelynek során az eredmény is fuzzy szám lesz. Összeadás, kivonás és szorzás esetében az ugyanolyan helyzetű, osztásnál viszont az ellentétes helyzetű (minimum és maximum) pontok alkotják ezeket az értékpárokat (Gazdagné, 2009).

A műveletek eredményeként kapott fuzzy szám megfelelő eljárással visszaalakítható konkrét értékké. Ez az – általában utolsó – lépés a defuzzyfikálás, melynek során meg kell határozni egy olyan konkrét értéket, amely az adott fuzzy változót a legjobban jellemzi.

Gyakran alkalmazott módszerei (Kikuchi, 2007.) a geometriai középpont módszer és a súlypont módszer. A defuzzifikált konkrét érték egyszerűsített számítási módja:

$$C = \frac{l + m + u}{3} \quad \text{vagy}$$

$$C = \frac{l + 2m + u}{4}$$

ahol

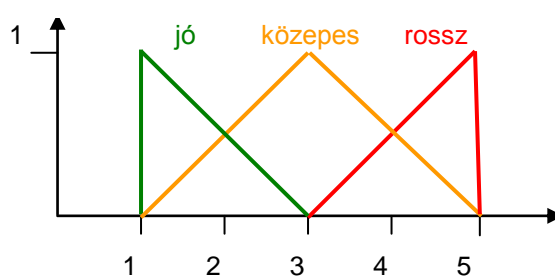
C a konkrét számérték.

Az útasználók által érzékelt útállapotokat elsősorban az útfelületi hibák határozzák meg, melyek közvetlen hatást gyakorolnak a kifejthető sebességre. Ilyen útfelületi hibák a kátyúk, a kipergés, a deformációk, a különböző repedések és a burkolatszél hibái. Az útállapotok hatását az eljutási időre többen elemezték. Egy lehetséges megközelítés, amikor az út geometriai jellemzőit és az utazáskényelmet fuzzy változók kombinációjával fejezik ki (Aldian és Taylor, 2003.) Ebben az esetben az útasználók által érzékelt bizonytalan kategóriákat először verbálisan írják le, majd ezekből képeznek fuzzy változókat a teljes értéktartomány lefedésével.

A hazai úthálózat állapotának értékelését ötfokozatú skálán végzik a szakemberek, míg az útasználók az ennek közelítőleg megfelelő verbális értékelést a gyakorlatban három fokozatban alkalmazzák: jó, közepes (megfelelő), rossz. A háromfokozatú verbális értékeléshez fuzzy számok rendelhetők a 2. táblázat és a 3. ábra szerint.

2. táblázat Útállapot értékelés fuzzy számokkal

| Útállapot értékelés | Fuzzy megfeleltetés |
|---------------------|---------------------|
| Jó | (1, 1, 3) |
| Közepes | (1, 3, 5) |
| Rossz | (3, 5, 5) |



3. ábra Útállapot értékelés fuzzy számokkal

Ha az útállapot értékelést több útasználó végzi, a jellemző értékelés a verbálisan megadott véleményekhez rendelt fuzzy számok átlagolásával kapható meg. Ha az i -edik véleménynek az (u_i, m_i, l_i) fuzzy szám felel meg, akkor n értékelő esetén az átlagértéket jellemző fuzzy szám:

$$\tilde{A} = \left(\frac{\sum u_i}{n}, \frac{\sum m_i}{n}, \frac{\sum l_i}{n} \right)$$

Az útállapottól függő sebességeket, és az ezekből számítható teljes eljutási időt a fuzzy számokon végzett alapműveletek utáni geometriai középpont módszerrel konkrét számértékké visszaalakított útállapot minősítés ($\tilde{A} \Rightarrow A$) adja meg. A külsőségi és átkelési szakaszok eltérő sebesség értékekkel rendelkeznek, ezért külön kell kezelni azokat, például mellékutak külsőségi szakaszain a sebesség akár 50 km/h-ra, átkelési szakaszain pedig akár 30 km/h-ra csökkenhet, ha rossz az útállapot. A valóságban többféle sebesség előfordul az egyéni kockázattvállalási szinttől függően, ezt írja le a fuzzy változó. Az egyéni és a közösségi közlekedés sebesség értékei is eltérőek, ezért külön kell kezelni őket (3. táblázat).

A javasolt megoldásban az útállapotot jellemző A átlagérték lehetséges értékkészlete

$$A \in [1,67;4,33]$$

és ehhez lehet hozzárendelni a sebességeket, melyek az eljutási időt meghatározzák.

3. táblázat Útállapottól függő sebességek meghatározásának képletei

| Sebesség értékek mellékutakon | Alapérték km/h | Útállapottól függő sebesség km/h |
|----------------------------------|-------------------|-------------------------------------|
| Külsőségi szakasz, szgk | 70 | $70 - (20 * (A - 1,67)) / 2,66$ |
| Átkelési szakasz, szgk | 50 | $50 - (20 * (A - 1,67)) / 2,66$ |
| Külsőségi szakasz, busz | 60 | $60 - (10 * (A - 1,67)) / 2,66$ |
| Átkelési szakasz, busz | 40 | $40 - (10 * (A - 1,67)) / 2,66$ |

Szám példa:

Példák az útállapot fuzzy értékelésére:

1. példa:

- négy értékelő közül egy közepes, három rossz minősítést adott,
a megfelelő fuzzy számok: (1, 3, 5); (3, 5, 5); (3, 5, 5); (3, 5, 5);
az átlagérték (2,5, 4,5, 5);
az ennek megfelelő konkrét számérték: 4,0.

2. példa:

- négy értékelő közül három közepes, egy rossz minősítést adott,
a megfelelő fuzzy számok: (1, 3, 5); (1, 3, 5); (1, 3, 5); (3, 5, 5);
az átlagérték (1,5, 3,5, 5);
az ennek megfelelő konkrét számérték: 3,33.

A vizsgált településekhez kapcsolódó utak véletlenszerűen megválasztott minősítésekkel elvégzett fiktív értékelése alapján az 4. táblázat szerint határozhatók meg a sebességek. A módosított átlagos napi forgalom közösségi közlekedési részének aránya adja meg a busz kategóriák súlyozását. Az átkelési szakaszok aránya térképről becsülhető vagy az Országos Közúti Adatbank adataiból lekérdezhető. Ezen adatok ismeretében az átlagos eljutási sebesség kiszámítható, és felhasználható a későbbiekben, mint a javasolt többkritériumos értékelés egyik tényezője.

4. táblázat Útállapottól függő sebességek számítása

| | Ellend | Erzsébet | Maráza | Szilágy |
|------------------------|--------|----------|--------|---------|
| útállapot értékelés | 2,75 | 3,33 | 2,50 | 4,33 |
| külsőség szgk km/h | 61,9 | 57,5 | 63,8 | 50,0 |
| átkelés szgk km/h | 41,9 | 37,5 | 43,8 | 30,0 |
| külsőség busz km/h | 55,9 | 53,8 | 56,9 | 50,0 |
| átkelés busz km/h | 35,9 | 33,8 | 36,9 | 30,0 |
| közösségi arány % | 29% | 23% | 38% | 33% |
| átkelési arány % | 39% | 21% | 30% | 17% |
| átlagos sebesség | 52,4 | 52,5 | 55,1 | 46,6 |

5. Közlekedési szükséglet index

A településeken élő emberek tevékenységeit alapvetően meghatározzák a kapcsolatok, melyek egy jelentős része térbeli kapcsolat. A kis forgalmú kapcsolati elemek a hálózat szerves részét képezik, és az általuk kiszolgált népesség a társadalmi igazságosság és esélyegyenlőség elve szerint jogosan igényli azok elfogadható minőségét.

A települések közötti kistérségi kapcsolatokat biztosító mellékutak felújításának nemcsak közlekedési, hanem társadalmi indokai is vannak, melyek között a térbeli egyenlőtlenségek mérséklése és az életminőség javítása említhető. Ezzel a témával többek között foglalkozott egy észak-európai együttműködés, a Roadex projekt keretében egy szakértő bizottság. A projekt egyik eredménye a „Kisforgalmú utak állapotának társadalmi-gazdasági hatása”, mely a Roadex projekt III. ütemében készült el 2006-ban (Johansson, 2006.).

A társadalmi, gazdasági és úthasználói igényeket egy közlekedési szükséglet indexben foglalták össze, melynek összetevői a társadalmi érzékenység, a kapcsolat fontossága, valamint a lakosság és a vállalkozók közlekedési igénye. A Roadex projektben javasolt közlekedési szükséglet index értéke 4 és 16 között változott.

A magyarországi településhálózat illetve közlekedési kapcsolatok, továbbá az elérhető adatok ismeretében javaslatot dolgoztam ki egy hazai közlekedési szükséglet index kialakítására, mely az adott út relatív társadalmi-gazdasági jelentőségét fejezi ki, és a döntéshozók értékelés egyik tényezőjeként felhasználható.

A közlekedési szükséglet index (K) javasolt összetevői:

- társadalmi érzékenység (az érintett településekre összesített %-os arány)
 - a népesség változása az elmúlt 10 évben (N)
 - a munkanélküliségi ráta (M)
- kapcsolati fontosság (10 vagy 0)
 - alternatív útvonal megléte (0) vagy hiánya (10) zsáktelepülésnél (Z)

- lakossági közlekedési igény
 - alapszolgáltatások (posta, általános iskola, orvosi rendelő, töltőállomás) elérési ideje percben (E)
- vállalkozói közlekedési igény
 - napi közlekedési kapcsolatot igénylő aktív cégek száma (C)

A közlekedési szükséglet index meghatározása:

$$K = N + M + Z + E + C$$

ahol

K a közlekedési szükséglet index,
 N a népesség változása az elmúlt 10 évben,
 M a munkanélküliségi ráta,
 Z a kapcsolati fontosság,
 E a lakossági közlekedési igény,
 C a vállalkozói közlekedési igény.

Számpélda:

Társadalmi érzékenység számítása

adatforrás: KSH T-Star területi adatbázis (www.ksh.hu)

5. táblázat Társadalmi érzékenység számítása

| | Ellend | Erzsébet | Maráza | Szilágy |
|---|--------|----------|--------|---------|
| Lakónépesség száma az év végén 2011 (fő) | 217 | 301 | 177 | 289 |
| Lakónépesség száma az év végén 2001 (fő) | 236 | 340 | 221 | 333 |
| Lakónépesség csökkenése (%) | 8% | 11% | 20% | 13% |
| Egy éven túl nyilvántartott álláskereső db és % | 4 | 0 | 1 | 6 |
| | 1,8% | 0,0% | 0,6% | 2,1% |
| N+M | 9,9 | 11,5 | 20,5 | 15,3 |

Kapcsolati fontosság értékelése

A kapcsolati fontosság csak zsáktelepülés esetén értékelhető 10 ponttal.

6. táblázat Kapcsolati fontosság

| | Z |
|----------|-----|
| Ellend | 0 |
| Erzsébet | 0 |
| Maráza | 10 |
| Szilágy | 0 |

Lakossági közlekedési igény meghatározása

adatforrás: Internet, különböző térségi és települési weblapok

Az alapszolgáltatás elérési lehetősége a legközelebbi olyan településen áll fenn, ahol az alapszolgáltatás rendszeresen működik.

7. táblázat Alapszolgáltatások elérési lehetősége

| | Posta | Általános iskola | Orvosi rendelő | Töltőállomás |
|-----------------|-----------|------------------|----------------|--------------|
| Ellend | Ellend | Bogád | Berkesd | Pécs |
| Erzsébet | Pécsvárad | Pécsvárad | Pécsvárad | Pécsvárad |
| Maráza | Geresdlak | Geresdlak | Geresdlak | Geresdlak |
| Szilágy | Berkesd | Berkesd | Berkesd | Pécsvárad |

A számítási módszer továbbfejlesztéseként a későbbiekben súlyozó tényezőként figyelembe vehető az alapszolgáltatás igénybevételi gyakorisága, amely például az általános iskola esetén magasabb.

8. táblázat Alapszolgáltatások elérési távolsága (km)

| | Posta | Általános iskola | Orvosi rendelő | Töltő állomás | Átlag |
|-----------------|-------|------------------|----------------|---------------|-------|
| Ellend | 0 | 7 | 11 | 15 | 8,3 |
| Erzsébet | 7 | 7 | 7 | 7 | 7,0 |
| Maráza | 7 | 7 | 7 | 7 | 7,0 |
| Szilágy | 3 | 3 | 3 | 7 | 4,0 |

Az alapszolgáltatások elérési ideje az átlagos távolságból és az előzőekben meghatározott, az úttálapottól függő sebességből számítható.

9. táblázat Alapszolgáltatások elérési ideje (perc)

| | Távolság | Sebesség | E |
|-----------------|----------|----------|-----|
| Ellend | 8,3 | 52,4 | 9,5 |
| Erzsébet | 7,0 | 52,5 | 8,0 |
| Maráza | 7,0 | 55,1 | 7,6 |
| Szilágy | 4,0 | 46,6 | 5,2 |

Vállalkozói közlekedési igény számítása (Adatforrás: www.cégfürkész.hu)

10. táblázat Vállalkozói közlekedési igény számítása

| | cégek | felszámolás alatt | C |
|-----------------|-------|-------------------|---|
| Ellend | 10 | 2 | 8 |
| Erzsébet | 11 | 2 | 9 |
| Maráza | 4 | 2 | 2 |
| Szilágy | 5 | 1 | 4 |

Közlekedési szükséglet index összesítése

11. táblázat Közlekedési szükséglet index számítása

| | N+M | Z | E | C | K |
|----------|------|----|-----|---|------|
| Ellend | 9,9 | 0 | 9,5 | 8 | 27,3 |
| Erzsébet | 11,5 | 0 | 8,0 | 9 | 28,5 |
| Maráza | 20,5 | 10 | 7,6 | 2 | 40,1 |
| Szilágy | 15,3 | 0 | 5,2 | 4 | 24,4 |

6. Többkritériumos értékelés fuzzy változókkal

A mindennapi élethelyzetekben gyakori, hogy döntéseink meghozatala során több lehetséges változat közül kell választanunk, amelyhez segítséget ad a változatok különféle jellemzőire alapozott értékelés. A döntés-előkészítés tudományos megalapozásában az ilyen esetekre leggyakrabban a többkritériumos elemzést (Multi-Criteria Analysis) alkalmazzák. A módszer hatékonynak bizonyult az olyan problémák megoldásában, mint a városi közlekedési rendszerfejlesztési projektek kiválasztása, vagy a megbocsájtó és önmagát magyarázó útkörnyezetet létrehozó innovatív európai lehetőségek stratégiai értékelése (Macharis, Verbeke, De Brucker, Gelová, Weinberger, Vašek, 2008.), feltételezve, hogy megfelelő pontosságú adatok álltak rendelkezésre. A többkritériumos értékelés fontosabb lépései: a probléma elemzése, a változatok definiálása, az értékelési tényezők megválasztása, az értékelési eljárás végrehajtása, valamint javaslattevés.

Bizonytalan vagy nem teljes körű információ esetén jól alkalmazható a fuzzy változókra alapozott többkritériumos értékelés, ezen belül meglehetősen elterjedt a fuzzy analitikus hierarchia eljárás (Analytic Hierarchy Process, AHP), mely alkalmas a különböző szakterületekről érkező szakértők véleményének integrálására során a bizonytalanság figyelembe vételére (Meixner, 2009.). A településközi úthálózati elemek felújítási változatainak értékelésére is jól felhasználható ez a módszer (Gulyás, 2012.).

A különböző preferenciák ütköztetése egy olyan döntés-előkészítési javaslatot eredményez, amelyben a konkrét alátámasztó számértékek mellett megjeleníthető a bizonytalanság hatása. A legfrissebb szakirodalmi adatok szerint a kiegyensúlyozott regionális fejlődést segítő közútfejlesztési és felújítási projektek értékelésére is alkalmazták az analitikus hierarchia eljárást (Cho és Park, 2012.).

Az értékelési tényezők súlyszámai kifejezik az adott tényező (kritérium) relatív fontosságát a változatok összehasonlításában. A súlyszámok meghatározása minden többkritériumos értékelés fontos eleme. A fuzzy változók bevezetésével az értékelési súlyok tágabb értelmezést nyernek, minthogy az alsó és felső határral jellemezhető intervallum realisabb és a gyakorlatban jobban alkalmazható megoldást biztosít. Hasonló alapelven lehetséges fuzzy változókkal az építési tevékenységek időtartamában rejlő bizonytalanság leírása és kezelése (Danka, 2011).

Az analitikus hierarchia eljárás önállóan is használható, mint döntés-előkészítő módszer, de számos esetben kombinálják más döntés-támogató eljárásokkal. Ez utóbbiak között

említhető a lineáris programozás, a genetikus algoritmusok, a neurális hálók, valamint más korszerű elemzési módszerek (Millet és Wedley, 2003.).

Ugyanilyen megfontolásból - javaslatom szerint - az AHP kombinálható a magyar fejlesztésű (Kindler József és Papp Ottó által kifejlesztett) KIPA többkritériumos értékelési módszerrel, létrehozva ez által egy új, hatékony többkritériumos értékelési és erőforrás-elosztási módszert, mely alkalmas - többek között - a települések közötti kistérségi közlekedési kapcsolatok javítását célzó programok értékelésére, a változó nemzetgazdasági igényekhez igazodóan, korlátozott erőforrások esetén.

Míg az AHP alapvetően az értékelési tényezők páronkénti összehasonlításával dolgozik, a KIPA módszer lényege a változatok páronkénti összehasonlítása. Az AHP első szintű mátrixa az értékelési tényezők súlyszámainak meghatározását célozza. Az AHP eljárás a második hierarchikus szinten a változatok számszerű jellemzőinek összehasonlítását végzi el azok arányosításával.

A KIPA módszer mátrixában a változatok összehasonlítására és a preferált sorrend megállapítására alkalmas előny (preferencia) és hátrány (diszkvalifikancia) mutatók szerepelnek, hasonlóan az Európában széles körben alkalmazott Promethee eljáráshoz (Schneller, Podmaniczky B., Podmaniczky L., 2006.). A KIPA módszer lényegében a változatok közötti különbségeken alapul, az AHP eljárás pedig a változatokat jellemző tényezőket veti össze. Mindkét esetben meg kell határozni az értékelési tényezők súlyszámait, melyhez a KIPA módszer a Guilford eljárást használja fel.

Az általam kidolgozott és bevezetésre javasolt új kombinált többkritériumos értékelési módszer lényege, hogy az értékelési tényezők súlyszámait a fuzzy AHP eljárással határozza meg, és ezeket a súlyszámokat alkalmazza a KIPA módszerben a változatok összehasonlítása során. Az eredeti KIPA módszerben a változatok összevetésekor ötfokozatú verbális skálákat használnak, melyek terjedelmét a súlyszámokból levezetve határozzák meg.

A javasolt új kombinált módszerben ezeket a verbális kategóriákat fuzzy változókkal leírva a változatok páronkénti összevetése skálafüggetlen módon valósítható meg, és a szakértői véleményekben rejlő bizonytalanság az összehasonlítás során a fuzzy változók alkalmazásával figyelembe vehető. A fuzzy AHP súlyozás és az új elemként megjelenő fuzzy KIPA összevetés együttesen alkotja az új kombinált többkritériumos értékelési módszert.

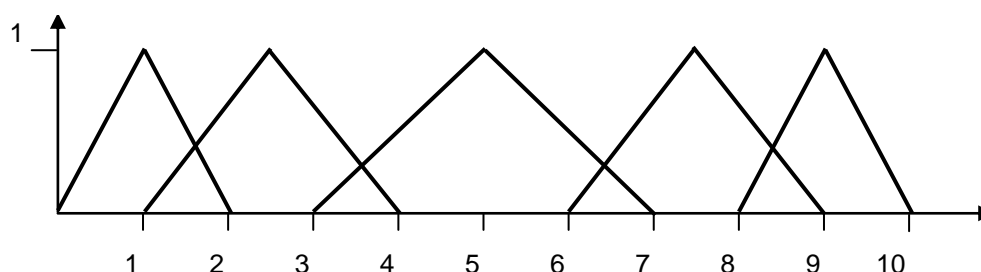
Az új kombinált módszer kiküszöböli az AHP eljárás egy ismert gyenge pontját, nevezetesen az értékelési sorrend esetleges megváltozásának, a fordított értékelésnek a problémáját. További kutatási feladatként jelenik meg a későbbiekben az új kombinált többkritériumos értékelési módszer érzékenység-vizsgálata.

7. Fuzzy súlyszámok és összehasonlító értékek meghatározása

Az értékelési tényezőknek az AHP módszerben használatos eredeti összehasonlítási értékei: „1”, „3”, „5”, „7”, „9”, melyek egy lehetséges fuzzy változata a 12. táblázat és 1. ábra szerint alakul (Chatterjee és Mukherjee, 2010.) alapján.

12. táblázat Fuzzy AHP értékhármasok az értékelési tényezők összehasonlítására

| Verbális kategória | Leírás | Fuzzy szám |
|-----------------------|--|-------------|
| Különösen lényegtelen | A tényező sokkal kevésbé fontos, mint a másik. | (0, 1, 2) |
| Lényegtelen | A tényező kevésbé fontos, mint a másik. | (1, 2,5, 4) |
| Egyforma | A két tényező egyforma. | (3, 5, 7) |
| Lényeges | A tényező fontosabb, mint a másik. | (6, 7,5, 9) |
| Különösen lényeges | A tényező sokkal fontosabb, mint a másik. | (8, 9, 10) |

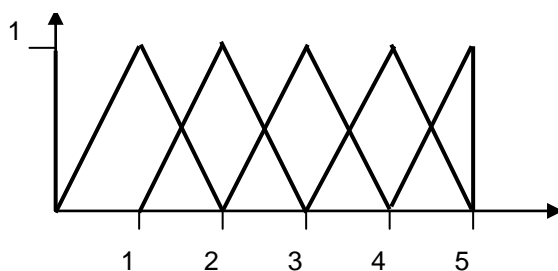


4. ábra Fuzzy AHP értékhármasok az értékelési tényezők összehasonlítására

A változatok összehasonlítására a KIPA módszerben használatos eredeti verbális összevetési kategóriák: „kiváló”, „jó”, „közepes”, „elfogadható”, „rossz”, melyek fuzzy számokkal való leírása az általam kidolgozott új kombinált módszerben a 13. táblázat és a 5. ábra szerint alakul. Az egyes verbális kategóriáknak megfeleltetett fuzzy számok között ez esetben nincs átfedés. A KIPA módszer jó szakértői becslési lehetőséget nyújt a nem számszerűsíthető jellemzők kezelésére.

13. táblázat Javasolt fuzzy KIPA értékhármasok a változatok összevetésére

| Verbális kategória | Leírás | Fuzzy szám |
|--------------------|--|------------|
| Kiváló | A legkedvezőbb változat az adott értékelési tényező szerint | (4, 5, 5) |
| Jó | Kedvező változat az adott értékelési tényező szerint | (3, 4, 5) |
| Közepes | Közömbös az adott értékelési tényező szerint | (2, 3, 4) |
| Megfelelő | Kedvezőtlen változat az adott értékelési tényező szerint | (1, 2, 3) |
| Rossz | A legkedvezőtlenebb változat az adott értékelési tényező szerint | (0, 1, 2) |



5. ábra Javasolt fuzzy KIPA értékhármasok a változatok összevetésére

8. Súlyozás és értékelés a javasolt új kombinált módszerben

A települések közötti kistérségi közlekedési kapcsolatok javítását célzó programok többkritériumos értékelése során az általam figyelembe vételre javasolt értékelési tényezők:

- A beavatkozás becsült költsége (gazdasági tényező)
- A módosított forgalom (műszaki tényező)
- A közlekedési szükséglet index (társadalmi tényező)
- Az érintett lakosok száma (társadalmi tényező)

Az AHP módszer szerint a súlyszámok meghatározásához az értékelési tényezők páronkénti összehasonlítását szakértők végzik el minden lehetséges esetre, és az eredményeket n értékelési tényező esetén egy $n \times n$ méretű mátrix a_{ij} elemeiként jelenítik meg. A mátrix szimmetrikus ($a_{ji}=1/a_{ij}$) és a főátló a_{ii} elemeinek értéke 1.

A fuzzy változatban az \tilde{a}_{ij} elemek fuzzy számokként jelennek meg. A \tilde{w}_i relatív súlyokat tartalmazó fuzzy sajátvektor jó közelítéssel meghatározható a geometriai közép fuzzy aritmetikával történő kiszámításával.

$$\tilde{e}_i = \left(\prod_{j=1}^n \tilde{a}_{ij} \right)^{1/n}$$

$$\tilde{w}_i = \frac{\tilde{e}_i}{\sum_{i=1}^n \tilde{e}_i} \quad \sum \tilde{w}_i = 1$$

ahol

- \tilde{a}_{ij} az értékelési tényezőket összehasonlító mátrix eleme,
- \tilde{e}_i a mátrix sajátvektora elemének közelítése,
- \tilde{w}_i az értékelési tényező relatív súlyszáma.

A kombinált módszer lényege, hogy az AHP módszerből nyert értékelési tényező súlyokat beillesztve a KIPA módszerbe, ezekkel végezhető el a változatok összehasonlítása.

Az előny vagy preferencia mutató kiszámításában a kedvezőbb vagy azonos változatok értékelési súlyszámainak összegét viszonyítják a súlyok összegéhez, ami természetesen 1, tehát elegendő a feltételnek megfelelő súlyszámok összegzése.

$$c_{ij} = \sum_{i \in (t_i \geq t_j)} w_i$$

ahol

c_{ij} az előnymutató,
 w_i az adott értékelési tényező súlysza,
 t_i és t_j az adott változat összehasonlító értékelése.

A hátrány vagy diszkvalifikancia mutató kiszámításában a legnagyobb értékelési különbséget viszonyítják a skálaterjedelemhez

$$d_{ij} = \frac{(t_i - t_j)_{\max}}{T}$$

ahol

d_{ij} a hátránymutató,
 t_i és t_j az adott változat összehasonlító értékelése,
 T a skálaterjedelem.

A KIPA módszerben az értékelési skála terjedelme:

$$T = 20[(1 + 2w_{\max}) - (1 - 2w_{\max})] = 80w_{\max}$$

ahol

w_{\max} a legnagyobb súlyú értékelési tényező súlysza.

A változatok összehasonlítása során egy értékelési fokozat különbség:

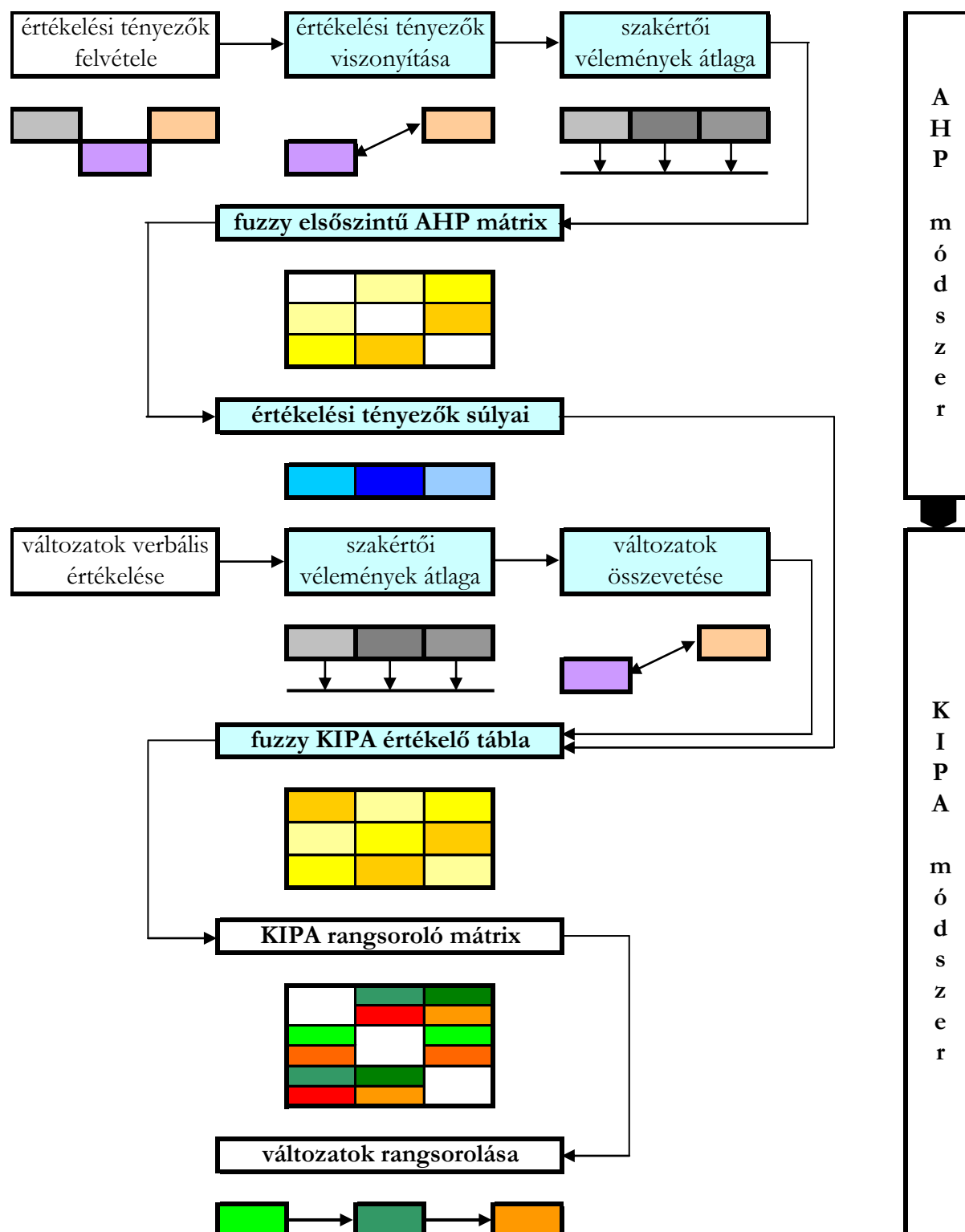
$$D = \frac{w_i}{4w_{\max}}$$

ahol

D az egy értékelési fokozat különbség,
 w_i a vizsgált értékelési tényező súlysza.

A fuzzy számokként meghatározott előny- és hátrány mutatókat a geometriai középpont módszerrel konkrét számértékké visszaalakítva a KIPA értékelő mátrix feltölthető, és az értékelés a KIPA módszer szerint az előny- és hátrány mutatók határértékeinek lépésenkénti változtatásával elvégezhető, az eredményből a változatok prioritási vagy preferencia sorrendje, rangsorolása megadható.

A kidolgozott új kombinált értékelési módszer áttekintését a 6. ábra szemlélteti, ahol a világoskék elemek a fuzzy változók alkalmazását mutatják.



6. ábra A kidolgozott új kombinált értékelési módszer lépései

Számpélda:

Kiinduló adatok

A vizsgált - közlekedési kapcsolatokat javító - projektek jellemzőit a 14. táblázat tartalmazza. A fuzzy értékelések négy fiktív, de realisztikus szakértői véleményből kerültek kiszámításra mind az értékelési tényezők súlyszámait, mind a projekt változatok összevetését illetően. A beavatkozások költségét a közelmúltban Baranya megyében átadott ROP projektek fajlagos költségei alapján lehetett becsülni.

14. táblázat A számpélda kiinduló adatai

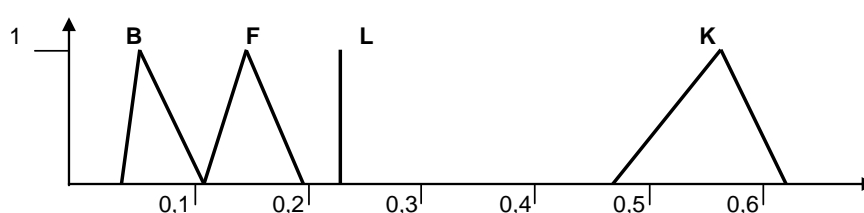
| | B beavatkozás becsült költsége MFt | F módosított forgalom ÁNF_{mod} | K közlekedési szükséglet index | L érintett lakosok száma fő |
|--------------------|---|--|---|--|
| P1 Ellend | 340 | 560 | 27,3 | 217 |
| P2 Erzsébet | 650 | 1044 | 28,5 | 301 |
| P3 Maráza | 310 | 425 | 40,1 | 177 |
| P4 Szilágy | 600 | 678 | 24,4 | 289 |

Értékelési tényező súlyszámok fuzzy AHP eljárással

15. táblázat Első szintű fuzzy AHP mátrix és az értékelési tényezők súlyai

| | B | F | K | L | SÚLY |
|----------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------------|
| B | (1;1;1) | (0,50;0,27;0,18) | (0,22;0,16;0,13) | (0,50;0,27;0,18) | (0,11;0,06;0,04) |
| F | (2,00;3,70;5,56) | ((1;1;1) | (0,31;0,20;0,15) | (1,00;0,42;0,27) | (0,19;0,14;0,11) |
| K | (4,55;6,25;7,69) | (3,23;5,00;6,67) | (1;1;1) | (1,50;3,13;4,75) | (0,47;0,57;0,62) |
| L | (2,00;3,70;5,56) | (1,00;2,38;3,70) | (0,67;0,32;0,21) | (1;1;1) | (0,23;0,23;0,23) |

A fuzzy súlyszámok grafikus ábrázolását a 7. ábra mutatja.



7. ábra Az értékelési tényezők fuzzy súlyszámai

A súlyszámok mérnöki szempontú jelentését vizsgálva megállapítható, hogy a számpéldában a közlekedési szükséglet index, mint társadalmi tényező a legnagyobb súllyal szerepel. A legkisebb súlyú értékelési tényező a többkritériumos értékelésben a beruházási költség, ezt követi a módosított forgalom és az érintett lakosok száma.

Változatok összehasonlító értékei fuzzy kombinált AHP - KIPA módszerrel

16. táblázat Projekt változatok összevetése fuzzy kombinált AHP - KIPA módszerrel

| | B | F | K | L |
|-------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| SÚLY | (0,11;0,06;0,04) | (0,19;0,14;0,11) | (0,47;0,57;0,62) | (0,23;0,23;0,23) |
| P1 | (3,0;4,0;5,0) | (1,5;2,5;3,5) | (1,75;2,75;3,75) | (1,5;2,5;3,5) |
| P2 | (0,5;1,5;2,5) | (3,5;4,5;5,0) | (2,25;3,25;4,25) | (3,25;4,25;5,0) |
| P3 | (3,0;4,0;5,0) | (1,25;2,25;3,25) | (3,25;4,25;5,0) | (0,75;1,75;2,75) |
| P4 | (0,5;1,5;2,5) | (1,75;2,75;3,75) | (0,75;1,75;2,75) | (3,0;4,0;5,0) |

Változatok preferencia sorrendje a kombinált AHP - KIPA módszerrel

17. táblázat Defuzzyfikált KIPA mátrix az előny és hátrány mutatókkal

| | P1 | P2 | P3 | P4 |
|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| P1 | | 7% 12% | 45% 36% | 62% 16% |
| P2 | 93% 8% | | 38% 8% | 100% 0% |
| P3 | 62% 8% | 62% 25% | | 62% 24% |
| P4 | 38% 8% | 7% 11% | 38% 8% | |

Az előny- és hátrány mutatók határértékeinek lépésenkénti változtatása:

100%; 0% P2 -> P4
 90%; 10% P2 -> P1
 60%; 20% P3 -> P1 és P1 -> P4
 60%; 25% P3 -> P2 és P3 -> P4

A változatok preferencia sorrendje

P3 -> **P2** -> **P1** -> **P4**
 Maráza -> Erzsébet -> Ellend -> Szilágy

Mérnöki szempontból vizsgálva az eredményt megállapítható, hogy a P3 változat a közlekedési szükséglet index miatt került az első pozícióba, mert az értékelési tényező magas súlyszáma és a változatok összevetése során az értékelési tényezőnek a zsáktelepülésből adódó nagyobb értéke egyaránt kedvezővé teszi ezt a változatot. A második legkedvezőbb a P2 változat, amelynek esetén a nagyobb forgalom és lakosság, valamint a magasabb közlekedési szükséglet index előrébb helyezi ezt a változatot. A harmadik helyezett a P3 változat lett közepes jellemzőkkel, míg a P4 változat lemaradását a legkisebb közlekedési szükséglet index értéke befolyásolta.

A szám példa alapján megállapítható, hogy a vizsgált településközi kapcsolatok esetén elsősorban a közlekedési szükséglet index határozza meg az eredményt.

A következő fényképek a vizsgált és értékelt közlekedési kapcsolatokat szemléltetik.

P1 Ellend



P2 Erzsébet



P3 Maráza



P4 Szilágy



9. Gyakorlati alkalmazási lehetőségek

Az eredmények gyakorlati jelentősége elsősorban az új forráselosztási módszer kidolgozásában mutatkozik meg, mely alkalmas a településközi közlekedési kapcsolatok javítására korlátozott források esetén, felhasználva a kidolgozott új, a településközi úthálózati kapcsolatokat jobban leíró jellemzőket, valamint képes fuzzy változók bevezetésével a bizonytalanság kezelésére az értékelési folyamatban.

A településközi napi személyforgalmi utazásokat jellemző új mutató, valamint a közlekedési kapcsolatokat leíró, a bizonytalanságot figyelembe vevő új index megteremt egy szélesebb körű alkalmazás alapját a döntés-előkészítési folyamatokban, figyelembe veszi a magyar kistérségek szerkezeti sajátosságait és a mellékúthálózat jellemzőit, biztosítva ez által a nemzetgazdasági és társadalmi hasznosulást.

A települések közötti kistérségi közlekedési kapcsolatok jellemzésében a fuzzy változók alkalmazása a többkritériumos elemzési módszerben az ilyen jellegű vizsgálatok terén új elemet hoz létre, és lehetőséget ad a gyakorlati alkalmazásra a magyar mellékúthálózat szükséges felújítása érdekében.

A járási közigazgatási szint bevezetése után előreláthatóan előtérbe kerül a kistérségi kapcsolatok minőségének kérdése, az útállapotok javításának, az utak, és ezen belül a kisforgalmú mellékutak felújításának igénye. A felújításra váró kisforgalmú mellékutak közül több szempont komplex figyelembevétele alapján érdemes kiválasztani a projekt javaslatokat.

Célszerű ezért járási szinten elvégezni a javasolt többkritériumos elemzést az érintett kisforgalmú mellékutak vonatkozásában.

Az értékelés egységes szemléletének biztosítására indokolt egy módszertani segédlet és alkalmazási útmutató kidolgozása, melynek összeállításához reményem szerint jelen dolgozat is segítséget ad. Az állami közútkezelő szervezet megyei egységével összehangoltan a járások műszaki szakemberei a javasolt módszer alkalmazásával megalapozottan előkészíthetik a települések közötti kistérségi közlekedési kapcsolatok javítását a lehető legnagyobb mértékben elősegítő projektek kiválasztását.

10. Összefoglalás

A településeket összekötő utak állapota romlik, míg a felújításukra fordítható források korlátozottak. Ezért fontos a kevés forrás hatékony felhasználása ott, ahol a leginkább szükséges. A projektek értékelésében más tényezőket, így a különböző szolgáltatások elérését is figyelembe kell venni. Az értékelt úton a közforgalmú közlekedés létének és gyakoriságának megfelelő súlyú figyelembevétele a módosított átlagos napi forgalom bevezetésével lehetséges.

A települések közötti közlekedési kapcsolatok minőségét gyakran szavakkal jobban lehet jellemezni, mint számokkal. Bár a szavak jelentése pontatlan és bizonytalan, fuzzy változókkal mégis megjeleníthetők. A településközi kapcsolatok fuzzy változókkal történő jellemzése különböző alkalmazási lehetőségekkel bír, mint például bemutatott fuzzy többkritériumos értékelés. A döntés-előkészítési folyamatban így figyelembe vehetők a bizonytalan, pontatlan, szubjektív minőségi tényezők is, oly módon, hogy nem szükséges konkrét számszerűsítésük.

Egy döntést pénzügyi és nem pénzügyi tényezők befolyásolnak. Mindkettőt figyelembe veszi a többkritériumos elemzés, amely hasznos, mert a társadalmi-gazdasági, környezeti és más jellemzők egyaránt értékelhetők. A kutatás eredménye egy olyan kombinált többkritériumos elemzési módszer létrehozása, amely a gyakorlatban alkalmazható a korlátozott erőforrások elosztására a települések közötti közlekedési kapcsolatok javítása érdekében, figyelembe véve az érintett közlekedési hálózat állapotát és a bizonytalanságot a hatékonyság értékelése során.

Hivatkozások

Aldian, A., Taylor, M. A. P.: Fuzzy Multicriteria Analysis for Inter-city Travel Demand Modelling. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.5, October, p. 1294-1307., 2003.

Chatterjee, D., Mukherjee, B.: Study Of Fuzzy-Ahp Model To Search The Criterion In The Evaluation Of The Best Technical Institutions: A Case Study. International Journal of Engineering Science and Technology Vol. 2(7), 2010, 2499-2510

Cho N., Park H.: Preliminary feasibility study for road projects incorporating balanced regional development. PIARC World Road Association Routes/Roads No. 356 , p. 56-63. 2012.

Danka, S.: Robust Resource Constrained Project Scheduling with Fuzzy Activity Durations. Pollack Periodica, Vol. 6, No. 3, pp. 131–142, 2011.

Gazdagné Rózsa E.: Fuzzy koncepción alapuló környezeti és egészségkockázat becslés Gyöngyösorszi környékén. Doktori értekezés, ELTE, Budapest, 2009

Gulyás, A., Dobosi, T.: Comparative analysis of road networks at micro-regional level. 9th International Road Conference, Budapest, May 2006.

Gulyás, A., Sántha, L.: Kisforgalmú utak kezelése a Nemzeti út-, hídfelújítási programban. Közúti és Mélyépítési Szemle 2008. 11. p. 27-29.

Gulyás, A.: Pavement management of secondary roads in Hungary. 4th European Pavement and Asset Management Conference. Malmö, Svédország, 2012.

Johansson, S. Socio-Economic Impacts of Road Conditions on Low Volume Roads. ROADDEX III Project Report, <http://www.roadex.org>, 2006.

Kocsis, T., Szőke, B.: Az országos gyorsforgalmi főúthálózat nagytávú terve és hosszú távú fejlesztési programja: a változatértékelés módszertana. Közlekedéépítési Szemle, 61. 3. p. 1-7. 2011.

Kikuchi, S.: Fuzzy Sets Theory Approach to Transportation Problems. In: Artificial Intelligence in Transportation, Transportation Research Circular E-C113, Transportation Research Board, Washington, D.C., 2007.

Macharis, C., Verbeke, A., De Brucker, K., Gelová E., Weinberger, J., Vašek, J.: Implementation scenarios and further research priorities regarding forgiving and self-explaining roads. Deliverable of the research project Infrastructure and Safety (IN-SAFETY), Sixth framework programme, Brussels, 2008.

Meixner, O.: Fuzzy AHP Group Decision Analysis and its Application for the Evaluation of Energy Sources. Proceedings of the Proceedings of the 10th International Symposium on the Analytic Hierarchy/Network Process, Pittsburgh/PA, USA, 2009.

Millet, I., Wedley, W.C., 2002: Modelling Risk and Uncertainty with the Analytic Hierarchy Process. Journal of Multi-Criteria Decision Analysis, 11: 97–107.

Schneller K., Podmaniczky B., Podmaniczky L.: Komplex rendszereket összemérő módszer alkalmazása a mezőgazdasági térfunkció elemzéseknél. Acta Agraria Kaposváriensis Vol 10. No 3. p. 269-278. 2006.

Ortúzar, J., Willumsen, L.: Modelling Transport. 2nd edition, Wiley, London, 1994.